

오입력 역추적 알고리즘을 이용한 PLC 고장 진단 시스템의 추론부 설계

Design of Inference Engine for PLC Fault Diagnosis System Using Wrong Input Backward Tracking Algorithm

°방원철*, 이승하**, 변증남***, 김수광****

*한국과학기술원 전기및전자공학과 (Tel:042-869-5419; Fax:042-869-8750; E-mail: bang@ctrgate.kaist.ac.kr)

**경북대학교 전자공학과 (Tel : 053-950-6601; Fax : 053-950-5505; E-mail : shalee@ee.kyungpook.ac.kr)

***한국과학기술원 전기및전자공학과 (Tel:042-869-3419; Fax:042-869-8750; E-mail: zbien@ee.kaist.ac.kr)

****포항제철기술연구소 시스템연구팀(Tel:0562-279-6532; Fax:0562-279-6509; E-mail: pc542775@smail.posco.co.kr)

Abstracts In this paper, an algorithm for PLC(Programmable Logic Controller) fault diagnosis system is proposed and experimentation is conducted with a PLC and a virtual plant. Wrong output backward tracking algorithm is proposed in order to find the external faults of PLC. And query with keywords of the fault systems and specially designed test sequence programs are used. We lay emphasis on the backward tracking algorithm to diagnose the faults of PLC. It is shown experimentally that the proposed algorithm can find the faults which a typical self diagnostics in the commercially available PLC cannot.

Keywords PLC, Fault diagnosis, Backward tracking, Query, Sequence program

1 서론

PLC(Programmable Logic Controller)는 현재 공장에서 가장 많이 사용되고 있는 일반적인 제어용 툴이다. 여러 개의 유닛으로 구성된 PLC 제어 시스템은 유닛 하나의 고장에 의해 한 공정이 중단될 수 있으며, 이는 일련의 생산이 단계적으로 이루어지는 공정에서 전체 생산 라인을 마비시킬 수 있으므로, PLC의 고장으로부터 복구 시간을 줄이는 것은 생산성 향상과 직결되는 것이며 경제적 손실의 감소라는 면에서 매우 중요한 문제라고 하겠다. 그러나 현장에서는 이에 대한 체계적인 대처 방안이 마련되어 있지 않으며, 이에 대한 연구도 이루어지고 있지 않는 것이 실정이다. 따라서 PLC의 고장을 미연에 방지하거나, 고장이 발생한 경우에 이에 대처할 수 있는 시스템을 구축하는 것에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.

기존의 시스템 고장에 대한 대처 방법으로는 시스템 자체를 고장에 견딜 수 있도록 신뢰성있게 구축하는 방법(Fault tolerant system)과, 시스템에 고장이 발생한 경우 이를 진단하는 시스템을 따로 구축하는 방법(Fault diagnosis system)이 있다[1]. 시스템 자체를 신뢰성있게 구축하는 방법은 시스템을 이중화하여 스스로 고장을 감지하고 메인 시스템에서 백업 시스템으로 전환하는 것이다.

이와 같은 구조에 관한 연구는 많이 이루어져 있으며 [2][3][4] 실제 현장에도 응용되고 있다. PLC 제어 시스템의 경우에도 이중 구조를 갖는 형태가 최근에 개발되고 있으나 현장에서는 단일 구조의 형태가 대부분이며 단일 구조의 PLC 제어 시스템을 설치 되어 있는 경우에는 정상적으로 동작하는 기존의 시스템에 부가적인 시스템을 추가하여 이중화 시스템을 만드는 것은 기존 시스템에 미치는 영향을 고려할 때 현실적으로 어렵다. 또한 이 방법은 고장 감지부와 백업 시스템에 고장이 발생하지 않는다는 가정이 필요하다는 단점이 있다.

이와 같은 접근 방법과는 달리 고장 진단 분야에도 전문가의 지식을 지식 베이스화하여 전문가 시스템을 구축하는 연구가 많이 이루어지고 있다[5][6][7]. 전문가 시스템은 고장이 발생한 시스템에서 나타나는 증상들을 체계화하여 이를 지식 베이스화하고 추론을 통하여 고장의 원인과 부위를 찾아내서 그에 따른 조치사항을 제시해 주는 시스템이다.

고장 진단 전문가 시스템은 고장 발생시 이에 대처하는 전문가의 지식을 전문가가 없어도 항상 지식 베이스에 있는 대로 활용할 수 있다는 장점이 있는 반면 좁은 영역의 문제에 한해서만 해결할 수 있다는 단점이 있으며[8]. 대상으로 하는 시스템에 고장이 발생하였을 경우 나타나는 증상이 다양할수록 증상의 체계화가 용이하여 전문가의 지식을 규칙(rule)으로 나타내기가 쉬워진다.

[5]에서는 컴퓨터에 발생하는 고장들에 대하여 미리 고장 증

상의 분류 체계와 고장 해(원인,부위)의 분류 체계를 작성해 놓고 고장 발생시 나타나는 증상에 대하여 증상과 원인, 부위간의 관계를 휴리스틱하게 매칭시켜 고장 원인과 부위를 찾아낸다.

[6]에서는 자동차 기관 계통에서 나타나는 증상들을 크게 9가지로 분류해 놓고 사용자에게 이들 중 하나를 선택하게 한 후 보다 구체적인 고장 부위를 찾아 나가는 방식으로서 순방향 추론과 역방향 추론을 결합한 형태의 추론 방법을 구현하였다.

[7]에서는 원자력 발전소의 제어 계통에서 발생하는 고장들을 통계 자료 및 운전 지침서를 바탕으로 체계화하고 이를 규칙, 프레임 등의 형태로 표현하여 추론할 수 있도록 구현하였다.

이들 고장 진단 전문가 시스템들은 특정한 하나의 시스템에 대한 진단만을 목적으로 했기 때문에 대상 시스템에서 나타나는 고장 증상은 하나의 시스템에서 나타나는 증상들을 체계화하는 것이 지식 베이스를 만드는 주요한 일이 된다. PLC 제어 시스템의 경우는 PLC가 제어하는 플랜트가 바뀔 때 따라 나타나는 고장 증상이 달라지게 되는데 이와 같이 고장 증상을 체계화하기 곤란한 경우에 대한 고장 진단 전문가 시스템은 아직 개발된 바가 없다.

본 논문은 PLC의 고장 진단 분야에 대한 연구의 시작으로 고장이 발생한 PLC 제어 시스템에 대하여 고장의 발생 부위와 원인을 찾아 주거나 운전원이 찾을 수 있도록 도와주는 고장 진단 시스템을 위한 알고리즘을 제안하고자 한다. 2 장에서는 PLC 제어 시스템에서 발생한 고장의 사례를 분석하고, 3 장에서는 고장 진단 알고리즘으로서 PLC 외부의 고장을 진단하기 위한 오입력 역추적 기법 등을 제안한다. 4 장에서는 구축한 진단시스템과 제안된 추론 알고리즘을 실제의 PLC와 PC 상에서 구현된 가상의 플랜트를 대상으로 실험한 결과를 보인다. 끝으로 5 장에서는 결론과 추후에 연구해야 할 분야를 살펴본다.

2 PLC 제어시스템 및 고장 사례 분석

PLC는 공장 자동화 현장의 프로세스를 제어하기 위하여 입출력 유닛을 통하여 플랜트와 직접 연결되어 있다. 따라서 플랜트의 비정상적인 동작이나 정지는 입출력 디바이스들에 의한 것인지 플랜트에 의한 것인지 아니면 PLC에 의한 것인지 일반적으로 알 수 없다. PLC 자체는 정상이나 PLC의 입력으로 들어오는 입력 디바이스로부터의 값이 어떤 원인으로 인해 잘못된다면 PLC는 비정상적인 출력을 낼 수 밖에 없다. 따라서 PLC의 고장을 "PLC 또는 센서나 액츄에이터 등의 입출력 디바이스들의 이상에 의해서 플랜트가 비정상적인 동작 또는 정

지하게 하는 PLC의 상태"라고 정의하고 PLC의 고장 발생에 따른 PLC의 상태를 첫째, PLC로부터 아무런 데이터를 받을 수 없는 상태와, 둘째, PLC로부터 에러 코드, 입출력 데이터 및 내부 레지스터들의 값을 읽을 수 있는 상태로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 위의 두 번째 상태만을 고려하기로 한다.

2.1 PLC의 고장 사례

고장이 발생했을 때 그 원인이 무엇인지 알아야 어떻게 조치를 취할지 알 수 있고, 부위가 어디인지 알아야 어디에 조치를 취할지 알 수 있으므로 고장의 원인과 부위를 알아내는 것은 중요하다. 실제로 발생한 고장들을 대상으로 이들이 어떠한 분포를 갖는지 살펴본다.

우선 PLC에 고장이 발생하는 원인은 여러 가지가 있겠지만 다음의 세 가지로 요약할 수 있다[9].

첫째, 부품의 열화이다. 온도, 습도, 분진 등의 열악한 주변 환경, 또는 장기 사용에 의한 부품의 성능 저하 및 불량 부품의 사용으로 인해 부품이 열화되면 PLC에 고장이 발생하게 된다.

둘째는 접촉 불량으로써 이는 유해 가스나 수분, 또는 장기 사용에 의한 접촉 부위의 변형 및 이탈로 인해 발생한다.

셋째는 설계 및 제조가 불량한 경우로서 용량 부적정, 방열 설계 미흡에 의해 부품의 온도가 상승하여 발생한다.

이러한 고장 원인들이 실제 고장 사례에서 어떠한 분포를 나타내는지 살펴 보면 표 1[9]과 같다.

표 1. 원인별 고장 유형 통계
Table 1. Statistics on the faults by causes

| 구분 | 91년 | 92년 | 93년 | 94.1~8 | 계 |
|---------|-----|-----|-----|--------|----|
| 부품 열화 | - | 2 | - | 2 | 4 |
| 접촉 불량 | 3 | 5 | 2 | 1 | 11 |
| 설계/제작불량 | - | - | 1 | 1 | 2 |
| 계 | 3 | 7 | 3 | 4 | 17 |

위 고장들의 평균 고장 복구 시간(Mean Time To Repair: MTR)은 3시간 22분[9]이다. 위 표를 보면 접촉 불량인 원인인 고장이 대부분임을 알 수 있다. 즉 접촉 부위의 변형이나 이탈에 의해 결선이 개방되는 사례가 많음을 알 수 있다.

고장 발생 부위별로 조사된 다른 통계자료는 표 2[10]와 같다.

표 2 부위별 고장 유형 통계
Table 2. Statistics on the faults by locations

| Fault type/Source | Fault Distribution |
|-----------------------------------|--------------------|
| CPU Parity error, Processor, etc. | 5% |
| Power supply, I/O unit failure | 15% |
| Wring-broken wire, shorted wire | 5% |
| Actuators | 30% |
| Sensor | 45% |
| Total | 100% |

위의 통계 자료는 매우 중요한 정보를 주고 있는데 실제로 PLC 고장은 PLC 자체의 고장(25%)보다도 입출력 디바이스(75%)의 고장이 훨씬 많은 분포를 차지하고 있다는 점이다. 입출력 디바이스의 고장 예로서 센서의 고장은 PLC의 정상적인 동작에도 불구하고 PLC의 출력 유닛으로부터 잘못된 값이 출력될 수 있다는 것이다. 이는 일단 고장이 발생하였을 경우 센서 및 액츄에이터의 고장을 우선적으로 확인하는 것이 유리함을 알려 준다.

2.2 PLC 고장 유형의 세분화

PLC에서 발생하는 고장의 유형을 세분화하면 이를 바탕으로 고장 사례를 체계적으로 정리할 수 있고 고장 진단시에 고장 부위를 효과적으로 찾아내는데 이용할 수 있으며 고장 사례 데이터 베이스의 구축시 이를 기준으로 분류하여 입력할 수 있다. 앞 절에서 살펴본 것과 현장에서 발생한 PLC의 실제 고장 사례[9]를 토대로 PLC의 고장 부위에 따른 고장 유형을 세분화하면 표 3과 같다.

표 3. 고장 부위에 따른 고장 유형
Table 3. Types of faults by locations

| 고장 발생 부위 | | 고장 항목 |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|
| S/W | | 시퀀스 프로그램상의 버그 |
| H/W | CPU 유닛 | 프로그램 메모리 이상 |
| | | 데이터 메모리 이상 |
| | | 명령어 처리부 이상 |
| | | 입출력 제어부 이상 |
| | 전원 공급 유닛 | 5V 공급 이상 |
| | | 24V 공급 이상 |
| | | 퓨즈 절단 |
| | 디지털 입력 유닛 | CPU로부터의 접근 불능 |
| | | 입력 유닛이 입력받은 신호와 CPU가 읽은 신호의 불일치 |
| | 디지털 출력 유닛 | CPU로부터의 접근 불능 |
| | | CPU가 쓴 신호와 출력 유닛이 출력한 신호의 불일치 |
| | 아날로그 입력 유닛 | CPU로부터의 접근 불능 |
| | A/D 변환의 이상 | |
| | A/D 변환 결과와 CPU가 읽은 디지털 값의 불일치 | |
| 아날로그 출력 유닛 | CPU로부터의 접근 불능 | |
| | D/A 변환의 이상 | |
| | CPU가 쓴 디지털 값과 D/A 변환할 값의 불일치 | |
| 베이스 유닛 | 결선의 단락 및 개방 | |
| PLC 외부 | 플랜트로부터의 입력 신호 | 디지털 입력 값의 이상 |
| | 네트워크 | 아날로그 입력 값의 이상 |
| | | 다른 PLC와 링크상의 이상 |

본 논문에서는 PLC의 고장을 고장 발생 부위에 따라 분류한 표 3에서 베이스 유닛의 고장과 네트워크상의 고장(한 대의 PLC만을 고려)은 제외된다.

3 고장 진단 알고리즘

기존의 유일한 방법인 자기 진단 이외에 PLC에 다운로드되어 있는 시퀀스 프로그램의 분석을 통한 오입력 역추적 기법, PLC의 고장 이력을 데이터 베이스화하여 고장 증상을 통하여 원인과 부위를 찾는 방법, 각 유닛의 고장을 테스트하는 시퀀스 프로그램의 실행 등의 방법을 체계적으로 수행하는 PLC 고장 진단 알고리즘을 제안한다.

3.1 고장 진단 시스템

PLC에 고장이 발생하였을 경우에 가장 먼저 확인해 보아야 할 것은 제조사에서 제공하는 자기 진단 기능이다. 비록 이 기능이 항상 옳은 정보를 제공하는 것은 아니지만 사소한 고장의 경우에는 이 기능만으로도 문제를 해결해 낼 수 있으므로 본 고장 진단 시스템에서도 가장 먼저 자기 진단 결과를 활용하되 운전원이 일일이 에러 코드가 저장되어 있는 메모리를 모니터링하지 않아도 되도록 진단 시스템에서 보여 줄 수 있게 한다. 자기 진단에 의한 진단 결과는 고장 발생시 즉시 얻을 수 있으므로 시간적으로 문제가 되지 않는다. 자기 진단에 의해 문제가 해결되지 않거나 자기 진단의 결과가 정상을 나타낸다면 현재 플랜트의 상태가 특정 출력 점의 신호에 의한 오동작인지를 확인하여 이를 역추적(backward tracking)하여 이에 영향을 미치는 입력점을 찾아 운전원에게 제시하여 이를 검토하게 한다.

해당 입력 신호들의 상태가 모두 정상이라면 이제 고장은 PLC 자체 내에 있는 것이므로 PLC의 증상을 토대로 진단을 시작한다. 고장이 발생한 PLC 또는 같은 기종, 같은 공정에 있는 PLC를 대상으로 과거 고장 사례의 증상들 중에 핵심어들을 제시하여 운전원이 이를 선택하면 그 증상의 상세한 내역을 질의(query)를 통해 확인하고 해당 증상이 있다면 과거의 고장 원인, 고장 증상, 조치 사항을 제시한다. 만약 해당 고장 원인과 부위를 테스트 시퀀스 프로그램으로 확인할 수 있는 경우라면 이를 확인하여 신뢰성을 높여 준다. 과거 고장 사례가 없거나

위의 방법들로 해결이 되지 않을 때에는 각 유닛을 진단하는 시퀀스 프로그램들을 실행시켜 유닛별로 각각의 기능이 정상적으로 수행되는지를 테스트함으로써 최종 진단을 하고 현재의 고장 사례를 데이터 베이스에 저장함으로써 진단을 마친다.

이상의 고장 진단 알고리즘을 구현하기 위한 시스템의 구성을 그림 1에 나타내었다.

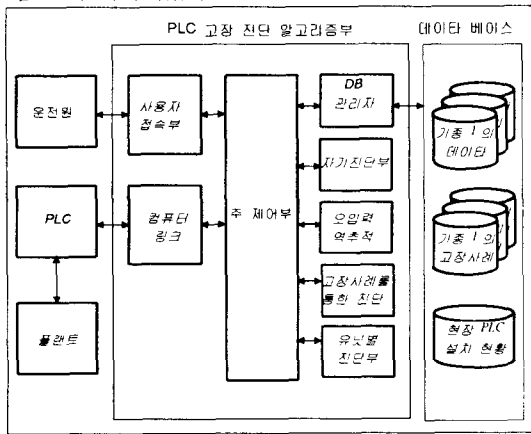


그림 1. 고장 진단 시스템의 구성도
Fig 1. Configuration of the Fault Diagnosis System

3.2 고장 진단 알고리즘

진단 알고리즘은 4 단계로 구성된다. 자기 진단, 오입력 역추적, 고장 증상을 통한 진단, 유닛별 진단 프로그램의 수행이 그것이다. 이의 수행을 위한 순서도가 그림 2에 있다.

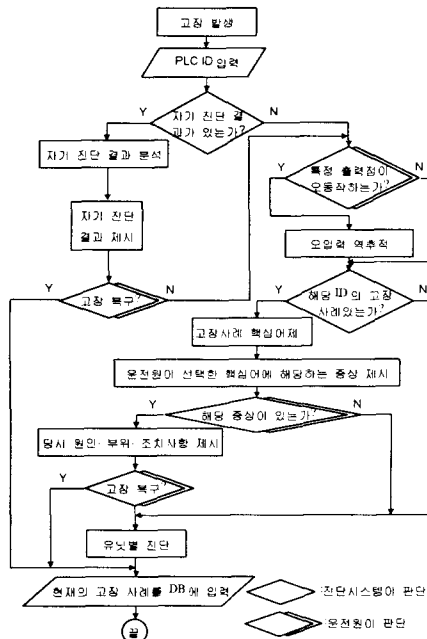


그림 2. 고장 진단 알고리즘
Fig. 2. Algorithm for Fault Diagnosis

대부분의 PLC는 자기 진단 기능을 갖고 있는데 이는 PLC에 에러가 발생하였을 경우에 메모리의 특정 영역에 에러 코드를 기록하는 기능이다. 각 PLC마다 다른 자기 진단 기능을 일관성있게 활용하기 위하여 우선 각 PLC들이 제공하는 에러 코드 번호와 고장 원인 및 부위를 정리한 테이블을 데이터 베이스에 저장해 놓고, 고장이 발생한 PLC에 대하여 해당 테이블을 읽어서 작업 메모리 올려 놓고, PLC로부터 에러 코드를 읽어와 테이블을 참조하여 운전원에게 보여 주는 방법을 말한다. 대부분의 경미한 고장은 자기 진단만으로도 처리될 수 있고, 자기 진단에 의한 결과는 고장이 발생한 즉시 얻을 수 있는 것

이므로 이를 가장 먼저 참조한다.

운전원이 실수로 PLC의 입력 유닛으로 들어가는 신호선을 밟아 입력 신호가 잘못 들어가서 정상적인 PLC가 계산해 낸 잘못된 출력에 의해 플랜트가 오동작을 한 경우에 운전원이 오동작을 하는 출력점을 진단 시스템에 입력하고 이에 영향을 주는 입력점을 찾아서 제시해 준다면 몇 개의 입력 신호선만을 확인해 봄으로써 고장의 원인을 찾아낼 수 있다. 이는 우선 PLC에서 동작하는 시퀀스 프로그램을 진단 시스템이 읽어와 시퀀스 프로그램을 분석함으로써 이루어진다.

주어진 출력 신호로부터 입력 신호를 찾아내는 방법은 이중 연결 목록(Doubly Linked List; DLL)기법을 이용하였다. DLL은 하나의 노드가 자신을 가리키는 노드와 자신이 가리키는 노드에 대한 어드레스를 갖고 있는 구조이다. 이를 이용하면 우선 시퀀스 프로그램 내에서 사용된 입출력 변수들과 내부 변수들을 각각 노드로 설정하고 프로그램의 첫 줄부터 끝 줄까지 1회 읽으면서 각 노드들간의 관계를 나타내는 어드레스를 저장한다. 이제 운전원이 입력한 특정한 출력점에 대해 DLL의 구조를 따라가면서 최종적으로 입력점이 영향을 미치는지 찾아낸다. 예를 들면 다음과 같다. 우선 그림 3과 같은 간단한 시퀀스 프로그램이 있다고 하자. 이 프로그램에 대한 DLL의 구조는 그림 4와 같이 구해진다. 운전원이 만약 출력 점 Y020 이 연결된 출력 어느 디바이스의 동작이 의심스럽다면 이를 입력하여 이 출력 점에 영향을 미치는 입력 점을 찾는다. 먼저 Y020에 영향을 미치는 입력 점은 X000, X001, X002, 그리고 X003임을 쉽게 알 수 있다. Y021에 영향을 미치는 접점은 X000, X004, Y020, Y030 이나 이에 영향을 미치는 입력 점은 결국 X000, X001, X002, X003, 그리고 X004 이므로 두 결과를 OR 연산한 결과 X000, X001, X002, X003, X004 와 AND 연산한 결과 X000, X001, X002, X003 을 제시한다. 이와 같이 여러 개의 출력점에 이상이 있을 경우에는 그 결과를 AND 와 OR 연산하여 제시하는데 AND 연산에 의한 입력점이 많은 출력점에 영향을 미치므로 운전원으로 하여금 이로부터 확인하게 한다.

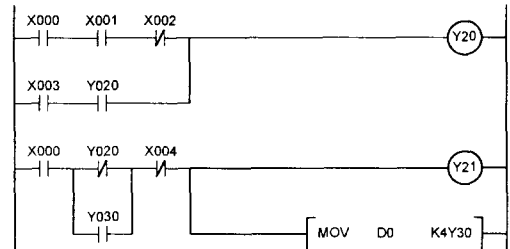


그림 3. 오입력 역추적의 예
Fig. 3. Example of wrong input backward tracking

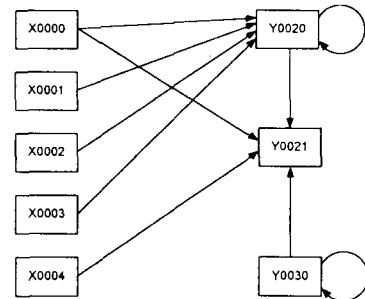


그림 4. 예제의 DLL 구조
Fig. 4. Structure of DLL for a given example

과거의 고장 사례의 증상들 중 핵심어(keyword)들만 운전원에게 제시하여 해당되는 사항을 선택하면 이의 증상을 자세히 보여 주어 운전원이 현재의 증상과 일치하는지를 결정하고, 일치한다면 당시의 고장 원인, 부위, 그리고 조치사항을 제시하는 방법이 바로 증상을 통한 진단 방법이다. 이를 위하여 데이터 베이스에는 미리 각 증상 마다의 핵심어를 설정해 놓아야 한다. 또한 과거의 고장이 테스트 시퀀스 프로그램에 의하여 테스트

가 가능하다면 이를 미리 데이터 베이스에 기록해 두었다가 나중에 발생한 고장의 증상이 이 고장의 증상과 일치할 때 이 테스트 프로그램으로 확인하여 같은 만약에 증상을 가지는 경우에 대비한다.

유닛별 진단은 고장난 PLC의 각 유닛별로 테스트 프로그램을 실행시킴으로써 수행된다. 고장이 발생한 PLC의 입출력 유닛에 관련된 정보를 모듈화되어 있는 해당 PLC의 데이터 베이스에서 읽어서 어떠한 유닛이 어느 슬롯에 장착되었는지를 우선 확인하고 각 유닛들이 각자의 기능을 제대로 수행하는지 일일이 확인하는 것으로서 위의 방법들보다는 시간이 더 소요된다. 따라서 고장 복구 시간을 되도록이면 줄이는 것이 목적임을 감안하여 이 진단 방법은 가장 나중에 수행하는 것으로 하였다. 유닛별 진단은 CPU, 메모리, 각 입출력 유닛의 순으로 특별히 작성된 시퀀스 프로그램을 다운로드하여 실행시킴으로써 이루어진다.

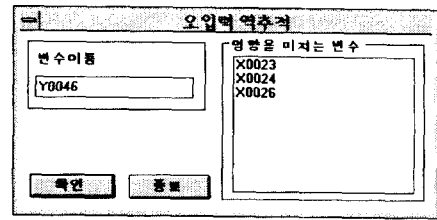


그림 5. 오입력 역추적의 결과
Fig. 5. Result of wrong input backward tracking

4 고장 진단 실험 및 결과

4.1 고장 진단 실험 방법

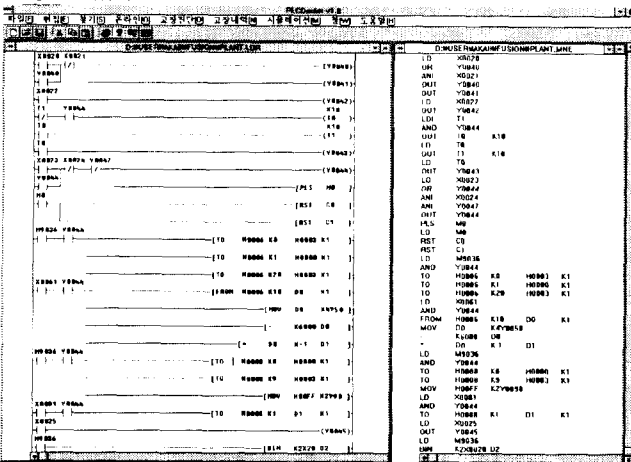
위에서 제안된 PLC 고장 진단 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서는 실제로 PLC에 고장을 발생시켜야 한다. 그러나 고가의 PLC에 실제 고장을 발생시키는 것은 현실적으로 곤란한 일이며, 현장의 고장난 PLC를 대상으로 직접 진단을 할 수도 없다. 따라서 PLC에 또는 입출력 디바이스에 가상의 고장을 발생시키는 방법을 택하였다. 이를 위해 베이스 유닛의 각 결선을 개방시켰을 때 나타나는 증상들을 미리 조사하여 이를 바탕으로 갖가지 고장을 발생시키도록 한다. PLC 자체만의 고장이 아닌 PLC 외부 고장에 대한 진단과 고장 사례를 통한 진단의 기능을 확인하기 위하여 가상의 플랜트를 설정하였다. PLC의 입출력 유닛 신호의 전압 레벨을 TTL 레벨로 변환해 준 후 상용의 DI/DO, AI/AO 기능을 갖춘 기판을 이용하여 PC로 신호를 받아 들이고 이를 그래픽 시뮬레이터로 화면에 나타낸다.

가상의 플랜트는 15점의 디지털 입력, 16점의 디지털 출력, 각각 1점의 아날로그 입출력을 갖는 빵 생산 라인이다.

4.2 실험 결과

실제 PLC에 의해 동작하는 가상의 플랜트가 오입력으로 인하여 잘못된 출력을 내보내는 경우를 고려한다. 상자 포장 기계에서 한 상자에 10개 이상을 포장하는 경우로서 플랜트에서 DI6(어드레스로는 X0026)의 신호를 고의로 잘못된 값으로 준 경우의 오입력 역추적의 결과는 그림 5와 같다.

역추적 결과로 나온 입력 접점 X0023, X0024, X0026 중에 고의로 오신호를 준 X0026이 포함되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 간단한 시퀀스 프로그램이 아닌 경우에 이를 짧은 시간내에 찾아내는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 이러한 고장 유형의 경우 운전원은 역추적의 결과로 나온 입력 접점에 연결된 입력 디바이스들의 동작을 확인함으로써 고장 원인과 부위를 찾을 수 있다.



5 결론

PLC의 고장 진단을 위한 오입력 역추적 방법, 과거 고장 사례의 증상 핵심어를 통한 질의 기법, 여러 기종의 PLC에 대해서도 진단이 가능하도록 PLC마다 달라지는 부분에 대한 데이터 베이스의 모듈화를 통하여 PLC의 고장 진단을 할 수 있는 시스템과 그 알고리즘을 제시하였다. 이 방법은 PLC 자체의 고장에 대해서는 자기 진단 기능과 유닛별 진단 시퀀스 프로그램을 이용하여 진단할 뿐만 아니라, PLC 외부의 고장에 대해서도 고장 원인을 찾아낼 수 있도록 오입력 역추적 기법을 제안하였으며, 플랜트와 연결되어 동작한다는 특수성으로 인해 고장 증상을 체계화하기 곤란하다는 점을 극복하기 위하여 과거 고장 사례에서 나타난 증상들을 바탕으로 운전원에게 질의를 함으로써 증상을 활용할 수 있도록 하였다. PLC와 연결한 가상의 플랜트를 대상으로 발생 가능한 고장 종류 가치에 대해 실험해 봄으로써 PLC의 오동작 중 자기 진단 기능으로 해결할 수 없는 고장들과 PLC 외부의 고장에 대해서도 오입력 역추적을 통하여 진단 가능함을 보였다.

이 연구의 진단 대상에서 제외되었던 베이스 유닛의 고장과 한대의 PLC만을 대상으로 했기 때문에 제외되었던 CIM의 하위 레벨 제어기로서의 네트워크상의 고장 문제 등은 추후에 더 연구해야 할 과제이다. 또한 본 논문에서와 같은 휴리스틱한 접근 방법이 아닌 해석적인 방법을 통한 접근에 관한 연구가 있어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] D. P. Siewiorek, "Reliable Computer Systems", Digital Press, 1992
- [2] 신영달, "Boiler Backup Control을 위한 Multiprocessor 방식에서의 신뢰도 개선에 관한 연구", KAIST 석사 논문, 1987
- [3] 이재혁, "자동 시스템을 위한 진단 기능을 갖는 구조적 관리 제어에 관한 연구", KAIST 석사 논문, 1988
- [4] 이희규, "스위칭 중복 구조를 사용한 내고장성 제어 시스템에 관한 연구", KAIST 박사 논문, 1993
- [5] 안병문, "경험적 분류 모델에 기초한 컴퓨터 고장 진단 전문가 시스템의 개발에 관한 연구", KAIST 석사 논문, 1990
- [6] 강성호, "자동차 기관 계통 고장 진단을 위한 전문가 시스템의 설계에 관한 연구", 한양대학교 대학원 석사 논문, 1987
- [7] 한국전력공사, 원자력 발전소 1차 계통 고장 진단 시스템 구축을 위한 연구(1)(최종 보고서), 1990년 8월
- [8] D. A. Waterman, "A Guide to Expert Systems", Addison Wesley, 1986
- [9] 포항제철, "고장 사례 관련 자료", 1994
- [10] C. D. Simpson, "Programmable Logic Controllers", Prentice Hall, 1994